

24.06.2004

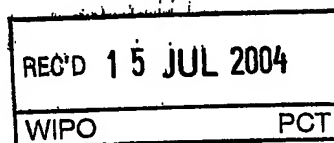
日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 6 月 2 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 8 2 7 0 1
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 8 2 7 0 1]



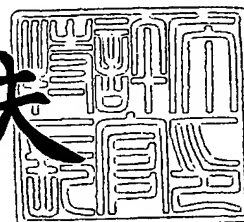
出 願 人 日 本 電 気 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

2 0 0 4 年 4 月 1 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 49200301

【提出日】 平成15年 6月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04B 7/08

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 吉田 尚正

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100123788

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮崎 昭夫

【電話番号】 03-3585-1882

【選任した代理人】

【識別番号】 100088328

【弁理士】

【氏名又は名称】 金田 暢之

【選任した代理人】

【識別番号】 100106297

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 克博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106138

【弁理士】

【氏名又は名称】 石橋 政幸

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 201087

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0304683

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 適応アンテナ受信方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナの指向性ビームを適応的に形成することにより複数の送信装置から送信された多重信号における干渉信号を抑圧して希望信号を受信し、該希望信号を伝送路推定に基づいて補正する適応アンテナ受信方法であって、

前記各アンテナ素子で受信した信号と、前記伝送路推定に基づいて補正された前記希望信号を用いて求められた誤差信号とからアンテナ重みを適応的に更新する第 1 のステップと、

前記希望信号の到来方向にビーム利得が一定となるように、前記第 1 のステップで求めた前記アンテナ重みに拘束処理を施す第 2 のステップと、

前記第 2 のステップにおいて拘束処理が施された前記アンテナ重みを用いて前記アレーアンテナで前記希望信号を受信する第 3 のステップと、

前記第 3 のステップで受信された前記希望信号の伝送路推定を行い、推定結果を用いて前記希望信号を補正する第 4 のステップとを有する適応アンテナ受信方法。

【請求項 2】 前記第 2 のステップにおいて、前記希望信号の到来方向を示す方向ベクトルを用いて前記アンテナ重みに拘束処理を施す、請求項 1 記載の適応アンテナ受信方法。

【請求項 3】 隣接する前記アンテナ素子で受信した信号同士の間値を求める第 5 のステップと、

前記第 5 のステップで求めた前記各間値の平均値を求める第 6 のステップと、

前記第 6 のステップで求めた平均値の逆正接を取って位相を求める第 7 のステップと、

前記第 7 のステップで求めた位相から前記方向ベクトルを求める第 8 のステップとを有する、請求項 2 記載の適応アンテナ受信方法。

【請求項 4】 前記第 1 ～第 4 のステップを少なくとも 1 つのパス毎に行い

、前記第4のステップにおいて補正された前記希望信号を合成してマルチパス合成された復調信号を生成する、請求項1記載の適応アンテナ受信方法。

【請求項5】 複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナの指向性ビームを適応的に形成することにより複数の送信装置から送信された多重信号における干渉信号を抑圧して希望信号を受信し、該希望信号を伝送路推定に基づいて補正する適応アンテナ受信装置であって、

前記各アンテナ素子で受信した信号と、前記伝送路推定に基づいて補正された前記希望信号を用いて求められた誤差信号とからアンテナ重みを適応的に更新するアンテナ重み適応更新手段と、

前記希望信号の到来方向にビーム利得が一定となるように、前記アンテナ重み適応更新手段で求めた前記アンテナ重みに拘束処理を施すアンテナ重み方向拘束手段と、

前記アンテナ重み方向拘束手段において拘束処理が施された前記アンテナ重みを用いて前記アレーアンテナで前記希望信号を受信するビームフォーマーと、

前記ビームフォーマーで受信された前記希望信号の伝送路推定を行い、推定結果を用いて前記希望信号を補正する伝送路推定手段とを有する適応アンテナ受信装置。

【請求項6】 前記アンテナ重み方向拘束手段において、前記希望信号の到来方向を示す方向ベクトルを用いて前記アンテナ重みに拘束処理を施す、請求項5記載の適応アンテナ受信装置。

【請求項7】 隣接する前記アンテナ素子で受信した信号同士の間相値を求める隣接アンテナ間相検出手段と、

前記隣接アンテナ間相検出手段で求めた前記各間相値の平均値を求めるアンテナ間相平均手段と、

前記アンテナ間相平均手段で求めた平均値の逆正接を取って位相を求める逆正接計算手段と、

前記逆正接計算手段で求めた位相から前記方向ベクトルを求める方向ベクトル計算手段とをさらに有する、請求項6記載の適応アンテナ受信装置。

【請求項8】 パス毎に受信した少なくとも1つの前記希望信号をマルチパ

ス合成して復調信号を生成する合成手段をさらに有する、請求項5記載の適応アンテナ受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、適応アンテナ受信装置に関し、特に、CDMA通信においてアンテナ指向性ビームを適応的に形成し、所定のユーザからの希望信号を受信すると共に他ユーザからの干渉信号を抑圧する適応アンテナ受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

符号分割多重アクセス（CDMA）通信は、無線周波数に対する加入者容量の増大が可能と言われており、移動通信セルラーシステムの無線アクセス方式として注目されている。

【0003】

しかし、CDMA通信では、所定のユーザからの希望信号を基地局で受信するとき、同時に基地局にアクセスする他ユーザからの信号が干渉となるという問題がある。この干渉信号を除去して希望信号を良好に受信するための手段としてアレーアンテナがある。

【0004】

アレーアンテナは複数のアンテナ素子からなる。アレーアンテナは、各アンテナ素子に対して複素数の重み付けをすることにより各アンテナ素子の受信信号の振幅および位相を制御して指向性ビームを形成することができる。希望信号の受信に適するように指向性ビームを形成することにより、アレーアンテナは希望信号を良好に受信するとともに他ユーザからの干渉信号を抑圧する。この指向性ビームを適応制御するのが適応アレーアンテナである。

【0005】

希望信号は基地局ではマルチパスで受信されるが、適応アレーアンテナは、希望信号の各パス方向に高いビーム利得を向けるだけでなく、干渉信号の方向に利得の極めて低いポイント（ヌル）を向けることにより、受信希望信号対干渉雑音

電力比 (SINR) を最大とするよう重み付けを制御する。

【0006】

従来の適応アンテナ受信装置として非特許文献 1 に記載されたものがある。

【0007】

図 8 は、従来の適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。図 8 を参照すると、従来の適応アンテナ受信装置は、パス受信部 101-1 ~ 101-L (L は自然数)、合成器 106、判定器 107、スイッチ 108、減算器 109 を有している。

【0008】

パス受信部 101-1 ~ 101-L は、移動通信環境におけるマルチパスによる複数の伝送路に対応してマルチパス合成を行うために L 個が設けられている。パス受信部 101-1 ~ 101-L は全て同様の構成である。

【0009】

パス受信部 101-1 は、ビームフォーマー 102-1、伝送路推定部 103-1、複素共役操作 104-1、乗算器 105-1、110-1、アンテナ重み適応更新部 111-1 を有している。

【0010】

ビームフォーマー 102-1 には、希望ユーザの拡散符号を用いてパス # 1 のタイミングで各アンテナ素子 # 1 ~ # N (N はアレーアンテナに含まれるアンテナ素子の数) での受信信号を逆拡散して得られた N 個の逆拡散信号が入力として与えられる。ビームフォーマー 102-1 は、N 個の逆拡散信号を重み付け合成することでパス # 1 用の指向性ビームを形成する。

【0011】

図 9 は、従来のビームフォーマーの構成を示すブロック図である。図 9 を参照すると、ビームフォーマー 102-1 は、複素共役操作部 112-1-1 ~ 112-1-N、乗算器 113-1-1 ~ 113-1-N、および合成器 114-1 を有している。他のビームフォーマー 102-2 ~ 102-L も同様の構成である。

【0012】

複素共役操作部 112-1-1 ~ 112-1-N は、アンテナ重み適応更新部 111-1 からの N 個のアンテナ重み (W) の複素共役を各々計算し、乗算器 113-1-1 ~ 113-1-N の各々に与える。

【0013】

乗算器 113-1-1 ~ 113-1-N は、パス # 1 の逆拡散信号の各々と、複素共役操作部 112-1-1 ~ 112-1-N の各々からの与えられたアンテナ重みの複素共役とを乗算して合成器 114-1 に与える。

【0014】

合成器 114-1 は、乗算器 113-1-1 ~ 113-1-N の全ての出力を加算する。

【0015】

また、図 8 に示した伝送路推定部 103-1 は、ビームフォーマー 102-1 の出力から伝送路推定を行い、伝送路推定値を複素共役操作部 104-1 および乗算器 110-1 に与える。伝送路推定とは、パスの受信状況から電波伝搬状態の変化を推定することである。これにより得られた伝送路推定値は電波伝搬状態の変化を補償（伝送路補正）するのに用いられる。

【0016】

複素共役操作部 104-1 は、伝送路推定部 103-1 からの伝送路推定値の複素共役を計算し、乗算器 105-1 に与える。

【0017】

乗算器 105-1 は、ビームフォーマー 102-1 の出力に伝送路推定値の複素共役を乗算することにより、位相変動を補正（伝送路補正）するとともに最大比合成のための重み付けを行う。最大比合成とは、マルチパス合成後の信号の SINR を最大とするような重み付け合成方法である。

【0018】

図 8 に示した従来のパス受信部 101-1 では、伝送路推定に基づいて位相補正する機能がアンテナ重み制御と分離されている。そのため、アンテナ重み制御において、希望信号のフェージングによる位相変動を補正する必要が無く、信号の到来方向のみに依存する位相変動を補正すればよいので、安定したビーム形成

が可能となる。

【0019】

合成器106は、パス受信部101-1～101-Lの各々の乗算器105-1～105-Lの出力の全てを加算してパス合成を行うことにより復調信号を生成する。

【0020】

判定器107は、合成器106で得られた復調信号から、可能性の高い送信シンボルを判定する。

【0021】

スイッチ108は、既知参照信号、または判定器107からの送信シンボルのいずれかを選択し、参照信号として減算器109に与える。スイッチ108は、既知参照信号が与えられていればそれを選択し、既知参照信号が与えられていなければ、判定器107からの送信シンボルを選択する。

【0022】

減算器109は、参照信号から、合成器106からの復調信号を減算し、全てのパス受信部101-1～101-Lの乗算器110-1～110-Lに誤差信号として与える。その際、参照信号として、スイッチ108からの参照信号に後述する参照信号レベルを乗じた値を用いる。

【0023】

パス受信部101-1の乗算器110-1は、減算器109からの誤差信号に、伝送路推定部103-1からの伝送路推定値を乗算してアンテナ重み適応更新部111-1に与える。

【0024】

アンテナ重み適応更新部111-1は、伝送路推定値が乗じられた誤差信号と、パス#1のN個の逆拡散信号とを用いてアンテナ重みを適応的に計算し、ビームフォーマー102-1に与えて適応制御を行う。適応制御において、一般に、最小二乗平均誤差制御(MMSE)が用いられる。誤差信号を用いるアンテナ重み係数の適応更新アルゴリズムにはLMS(Least Mean Square)、NLMS(Normalized LMS)、RLS(Recursive

e Least Square) アルゴリズムが知られている。

【0025】

例えば、非特許文献1では、NLMSアルゴリズムを用いてアンテナ重みを更新することが記載されている。アンテナ重み $w(i, m)$ (ここで、 i はパス番号、 m はシンボル番号である) は以下の更新式 (式 (1)) を用いて計算される。

【0026】

【数1】

$$w(i, m+1) = w(i, m) + \frac{\lambda}{P(i, m)} x(i, m) h(i, m) e^*(m) \quad (1)$$

【0027】

ここで、 $x(i, m)$ は各アンテナによる受信信号の逆拡散信号である。 $p(i, m)$ は各アンテナの逆拡散信号の逆拡散信号の総電力である。 $h(i, m)$ は伝送路推定値である。 λ はステップサイズである。

【0028】

誤差信号を $e(m)$ 、受信信号を $z(m)$ とすると、誤差信号 $e(m)$ は式 (2) のように表すことができる。なお、 $*$ は共役複素数を示す。

【0029】

【数2】

$$e(m) = A(m) \hat{z}(m) - z(m) \quad (2)$$

ここで、 $\hat{z}(m)$ は参照信号 (既知参照信号または判定信号) である。 $A(m)$ は参照信号レベルである。

【0030】

参照信号レベル $A(m)$ は、ビームフォーマー 102-1 に入力されるアンテナ素子毎の逆拡散信号に基づいて計算される (例えば、特許文献1 参照)。ビームフォーマー 102-1 に入力される逆拡散信号の受信レベルはビーム利得の影響を受けないため参照信号レベル $A(m)$ を算出する基準として望ましい。

【0031】

また、適応アンテナ受信の応用形態として、フェージングが互いに独立した複数のアレーアンテナ（サブアレー）で符号分割多重アクセス信号を受信することにより指向性を制御することによる効果とダイバーシチ効果とを得るという形態がある。

【0032】

そして、それら複数のサブアレーにおいて指向性形成に用いられるアンテナ重みを共通のものとするとともに、そのアンテナ重み制御に全てのサブアレーの判定誤差信号を用いて適応制御特性を改善した形態が提案されている（特許文献2 参照）。

【0033】

また、他の応用形態として、マルチビームフォーマによってビーム形成された信号を用いてパス検出するという形態がある。それによりアンテナ数が多くてもパス検出特性が劣化しないという効果が得られる。

【0034】

そして、そのマルチビームフォーマで形成された各ビームの逆拡散出力を重み付け合成して位相変動を補正することにより各パスを検出し、さらにそれらパスを合成して復調信号を得るとともに、位相変動の逆補正を施した判定誤差信号と各ビームの逆拡散出力とを用いて重み付け合成の重みを適応更新するとした形態が提案されている（特許文献3 参照）。これにより優れたパス検出特性に加えて優れた受信復調特性をも得ることができる。

【0035】

【非特許文献1】

田中、佐和橋、安達他、「Pilot Symbol-Assisted Decision-Directed Coherent Adaptive Array Diversity for DS-CDMA Mobile Radio Reverse Link」（IEICE Trans., vol. E80-A, pp. 2445-2454, Dec. 1997）

【特許文献1】

特開 2002-77008 号公報

【特許文献 2】

特開 2002-368520 号公報

【特許文献 3】

特開 2002-368652 号公報

【0036】

【発明が解決しようとする課題】

図 8 に示したものに代表されるような従来の適応アンテナ受信装置によれば、希望信号の到来方向に指向性ビームを形成することができる。また、特許文献 2、3 に記載されたような様々な応用形態によれば希望信号をさらに良好に受信することができる。しかし、これは追従性が良いという条件下で得られる効果である。

【0037】

希望信号の到来方向の角度変化が大きい場合、希望信号の到来方向と指向性ビームのビーム方向がずれて希望信号の利得が低下する可能性がある。

【0038】

図 6 は、適応アレーアンテナによる指向性ビームと希望信号の到来方向の関係を示す図である。図 6 において (a) は従来の場合、(b) は本発明の場合である。従来の適応アレーアンテナでは、希望波の到来方向で最大利得が得られるように指向性ビームの方向が制御されるが追従性に考慮が払われていないため、図 6 (a) に示すように、到来方向の角度が変化した場合、希望信号の到来方向がビーム方向からずれ、希望信号の利得が大きく低下してしまう。その結果、正確な誤差信号が検出されず、追従性が損なわれる。また、ひどい場合には、到来方向の角度変化に追従できずに希望信号を見失い、同期はずれを起こす可能性がある。

【0039】

本発明は、指向性ビームの追従性に着目してなされたものであり、その目的は、希望信号の到来方向の角度変化に対する追従性を向上した適応アンテナ受信装置を提供することである。

【0040】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の適応アンテナ受信装置は、複数のアンテナ素子からなるアレーアンテナの指向性ビームを適応的に形成することにより複数の送信装置から送信された多重信号における干渉信号を抑圧して希望信号を受信し、該希望信号を伝送路推定に基づいて補正する適応アンテナ受信装置であって、

前記各アンテナ素子で受信した信号と、前記伝送路推定に基づいて補正された前記希望信号を用いて求められた誤差信号とからアンテナ重みを適応的に更新するアンテナ重み適応更新手段と、

前記希望信号の到来方向にビーム利得が一定となるように、前記アンテナ重み適応更新手段で求めた前記アンテナ重みに拘束処理を施すアンテナ重み方向拘束手段と、

前記アンテナ重み方向拘束手段において拘束処理が施された前記アンテナ重みを用いて前記アレーアンテナで前記希望信号を受信するビームフォーマーと、

前記ビームフォーマーで受信された前記希望信号の伝送路推定を行い、推定結果を用いて前記希望信号を補正する伝送路推定手段とを有している。

【0041】

したがって、本発明によれば、伝送路推定手段が伝送路補正を行い、アンテナ重み適応更新手段が各アンテナ素子の受信信号を用いてアンテナ重みを適応制御し、アンテナ方向拘束手段がアンテナ重みを修正するという伝送路補正がアンテナ重み制御から分離された構成なので、アンテナ重みは、伝送路補正の成分を含まず、信号到来方向のみに依存する位相補正により適応制御され、アンテナ重み方向拘束手段が、希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みを修正することができる。

【0042】

また、前記アンテナ重み方向拘束手段において、前記希望信号の到来方向を示す方向ベクトルを用いて前記アンテナ重みに拘束処理を施すこととしてもよい。

【0043】

したがって、アンテナ方向拘束手段が方向ベクトルにより希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みを修正するので、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定に保たれる。

【0044】

また、隣接する前記アンテナ素子で受信した信号同士の各相関値を求める隣接アンテナ相関検出手段と、

前記隣接アンテナ相関検出手段で求めた前記各相関値の平均値を求めるアンテナ相関平均手段と、

前記アンテナ相関平均手段で求めた平均値の逆正接を取って位相を求める逆正接計算手段と、

前記逆正接計算手段で求めた位相から前記方向ベクトルを求める方向ベクトル計算手段とをさらに有することとしてもよい。

【0045】

したがって、隣接アンテナ相関検出手段が求めた隣接アンテナ素子間の各相関をアンテナ相関平均手段が平均化し、逆正接計算手段および方向ベクトル計算手段がその平均値から方向ベクトルを求めるので、隣接アンテナ素子間の相関に基づいて簡易な処理および構成で希望信号の方向ベクトルを求めることができる。

【0046】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0047】

図1は、本発明の一実施形態による適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。図1を参照すると、適応アンテナ受信装置は、パス受信部1-1～1-L、合成器6、判定器7、スイッチ8、減算器9を有している。

【0048】

パス受信部1-1～1-Lは、移動通信環境におけるマルチパス伝播路に対応してマルチパス合成を行うためにL個が設けられている。パス受信部1-1～1-Lは全て同様の構成である。

【0049】

パス受信部 1-1 は、ビームフォーマー 2-1、伝送路推定部 3-1、複素共役操作部 4-1、乗算器 5-1、10-1、アンテナ重み適応更新部 11-1、アンテナ重み方向拘束部 12-1、および方向ベクトル生成部 16-1 を有している。

【0050】

ビームフォーマー 2-1 には、希望ユーザの拡散符号を用いてパス #1 のタイミングで各アンテナ素子 #1 ~ #N (N はアレーアンテナに含まれるアンテナ素子の数) での受信信号を逆拡散して得られた N 個の逆拡散信号が入力として与えられる。ビームフォーマー 2-1 は、N 個の逆拡散信号を重み付け合成することでパス #1 用の指向性ビームを形成する。

【0051】

図 2 は、図 1 に示したビームフォーマーの構成を示すブロック図である。図 2 を参照すると、ビームフォーマー 2-1 は、複素共役操作部 13-1-1 ~ 13-1-N、乗算器 14-1-1 ~ 14-1-N、および合成器 15-1 を有している。他のビームフォーマー 2-2 ~ 2-L も同様の構成である。

【0052】

複素共役操作部 13-1-1 ~ 13-1-N は、アンテナ重み方向拘束部 12-1 からの N 個のアンテナ重み W の複素共役を各々計算し、乗算器 14-1-1 ~ 14-1-N の各々に与える。

【0053】

乗算器 14-1-1 ~ 14-1-N は、パス #1 の逆拡散信号の各々と、複素共役操作部 13-1-1 ~ 13-1-N の各々からの与えられたアンテナ重みの複素共役とを乗算して合成器 15-1 に与える。

【0054】

合成器 15-1 は、乗算器 14-1-1 ~ 14-1-N の全ての出力を加算する。

【0055】

また、図 1 に示した伝送路推定部 3-1 は、ビームフォーマー 2-1 の出力から伝送路推定を行い、伝送路推定値を複素共役操作部 4-1 および乗算器 10-

1に与える。伝送路推定とは、パスの受信状況から電波伝搬状態の変化を推定することである。これにより、得られた伝送路推定値は電波伝搬状況の変化を補償(伝送路補正)するのに用いられる。

【0056】

複素共役操作部4-1は、伝送路推定部3-1からの伝送路推定値の複素共役を計算し、乗算器5-1に与える。

【0057】

乗算器5-1は、ビームフォーマー2-1の出力に伝送路推定値の複素共役を乗算することにより、位相変動を補正(伝送路補正)するとともに最大比合成のための重み付けを行う。最大比合成とは、マルチパス合成後の信号のSINRを最大とするような重み付け合成方法である。

【0058】

パス受信部1-1では、伝送路推定に基づいて位相補正する機能がアンテナ重み制御と分離されている。そのため、アンテナ重み制御において、希望信号のフェージングによる位相変動を補正する必要が無いので、信号の到来方向のみに依存する位相変動を補正すればよく、安定したビーム形成が可能となる。

【0059】

合成器6は、パス受信部1-1~1-Lの各々の乗算器5-1~5-Lの出力の全てを加算してパス合成を行うことにより復調信号を生成する。

【0060】

判定器7は、合成器6で得られた復調信号から、可能性の高い送信シンボルを判定し、スイッチ8に与える。

【0061】

スイッチ8は、既知参照信号、または判定器7からの送信シンボルのいずれかを選択し、参照信号として減算器9に与える。スイッチ8は、既知参照信号が与えられていればそれを選択し、既知参照信号が与えられていなければ、判定器7からの送信シンボルを選択する。

【0062】

減算器9は、参照信号から、合成器6からの復調信号を減算し、全てのパス受

信部 1-1 ~ 1-L の乗算器 10-1 ~ 10-L に誤差信号として与える。その際、参照信号として、スイッチ 8 からの参照信号に後述する参照信号レベルを乗じた値を用いる。

【0063】

パス受信部 1-1 の乗算器 10-1 は、減算器 9 からの誤差信号に、伝送路推定部 3-1 からの伝送路推定値を乗算してアンテナ重み適応更新部 11-1 に与える。

【0064】

アンテナ重み適応更新部 11-1 は、伝送路推定値が乗じられた誤差信号と、パス # 1 の N 個の逆拡散信号とを用いてアンテナ重み W' を適応的に計算し、アンテナ重み方向拘束部 12-1 に与える。

【0065】

ここでアンテナ重み W' の算出には、一般に、最小二乗平均誤差制御 (MMSE) が用いられる。誤差信号を用いるアンテナ重み係数の適応更新アルゴリズムには LMS (Least Mean Square)、NLMS (Normalized LMS)、RLS (Recursive Least Square) アルゴリズムが知られている。

【0066】

上述したように、例えば、アンテナ重み $w(i, m)$ (ここで、 i はパス番号、 m はシンボル番号である) は以下の更新式 (式 (1)) を用いて計算される。

【0067】

また、誤差信号を $e(m)$ 、参照信号をレベル $A(m)$ とすると、誤差信号 $e(m)$ は式 (2) のように表すことができる。

【0068】

参照信号レベル $A(m)$ は、ビームフォーマー 2-1 に入力されるアンテナ素子毎の逆拡散信号に基づいて計算される。ビームフォーマー 2-1 に入力される逆拡散信号の受信レベルはビーム利得の影響を受けないため参照信号レベル $A(m)$ を算出する基準として望ましい。

【0069】

ここまでは図 8 に示した従来のものと同様の構成であるが、アンテナ重み方向拘束部 12-1 および方向ベクトル生成部 16-1 は本発明に特有のものである。

【0070】

方向ベクトル生成部 16-1 は、希望信号の到来方向から方向ベクトルを求める。この方向ベクトルは、アンテナ重みの方向拘束処理に用いられる。ここで方向ベクトルは、方向が希望信号の到来方向で、大きさが N のベクトルである。

【0071】

図 3 は、アレーアンテナと希望信号の到来方向の関係を示す図である。図 3 において●はアンテナ素子を示し、矢印は希望信号を示す。アンテナ素子は間隔 d で配列されている。アンテナ素子の配列方向に対して鉛直方向の直線との角度によって示すと希望信号到来方向は ϕ と示すことができる。これらを用いると、方向ベクトル $c = (c_1, c_2, \dots, c_n, \dots, c_N)$ における、各アンテナ素子に対応する成分 c_n (n は #1 ~ #N のアンテナ番号) は式 (3) によって求めることができる。

【0072】

【数 3】

$$c_n = \exp[j2\pi(n-1)(d/\lambda)\sin(\phi)] \quad (3)$$

【0073】

ここで λ はキャリア波長である。

【0074】

このように表される方向ベクトル c は、Special Signature と呼ばれ、希望信号を代表する信号である。方向ベクトル c は、変調やレベル変動などによる影響が取り払われ、上述したように希望信号の到来方向のみを表している。

【0075】

アンテナ重み方向拘束部 12-1 は、方向ベクトル c を用いて、希望信号の到来方向における、希望信号のビーム利得を一定に保つようアンテナ重みを補正す

る処理（方向拘束処理）を行う。

【0076】

パス番号 i のパスにおいてシンボル番号が m のときの、方向ベクトルを $c(i, m)$ 、アンテナ重み更新部 11-1 からのアンテナ重みを $w'(i, m)$ とすると、方向拘束処理が施されたアンテナ重み $w'(i, m)$ は式 (4) によって求めることができる。

【0077】

【数4】

$$w'(i, m+1) = \left(I - \frac{c(i, m)c^H(i, m)}{N} \right) w(i, m+1) + \frac{c(i, m)}{N} \quad (4)$$

【0078】

ここで I は単位行列である。 H はエルミート共役操作を示す。

【0079】

図4は、アンテナ重み方向拘束部による方向拘束処理を説明するための図である。方向拘束処理とは、 N 次元のアンテナ重みベクトル空間においてアンテナ重み適応更新部 11-1 からのアンテナ重みベクトル W を拘束平面に投影したアンテナ重みベクトル W' を求める処理である。これは図4においてアンテナ重み $w(m+1)$ からアンテナ重み $w'(m+1)$ を求めることを示す。

【0080】

この拘束平面は式 (5) のように示すことができる。

【0081】

【数5】

$$w'^H c = 1 \quad (5)$$

【0082】

これにより、アンテナ重み w' と方向ベクトル c との相関が一定に調整されることとなる。

【0083】

アンテナ重み w' を用いて受信される希望信号の利得は、アンテナ重み w' と方向ベクトル c との相関によって表すことができる。そして、その相関を一定にするように、すなわち式 (5) の条件を満たすようにアンテナ重み w' の大きさを調整すれば、アンテナ重み w' を用いて受信される希望信号の利得は一定となる。なお、アンテナ重み w' の方向は、干渉が無ければ、方向ベクトル c の方向と一致し、干渉があれば、方向ベクトル c の方向からずれる。

【0084】

図4の拘束平面上を動くアンテナ重みベクトル $w' (i, m)$ は式 (5) の条件を満たすので、希望信号の到来方向のビーム利得が常に一定となり、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定となる。

【0085】

図5は、アンテナ重み方向拘束部の構成を示すブロック図である。図5を参照すると、アンテナ重み方向拘束部12-1は、相関器16-1、除算器17-1、乗算器18-1、減算器19-1、および加算器20-1を有している。

【0086】

相関器16-1は、アンテナ重み適応更新部11-1からのアンテナ重み $w (i, m+1)$ と、方向ベクトル生成部16-1からの方向ベクトル $c (i, m)$ との相関値 (スカラー) を求める。

【0087】

除算器17-1は、方向ベクトル $c (i, m)$ を N で除算する。

【0088】

乗算器18-1は、相関器16-1からの相関値と、除算器17-1で求められた $c (i, m) / N$ とを乗算し、ベクトル $c (i, m) [c^H (i, m) w (i, m+1)] / N$ を求める。

【0089】

減算器19-1は、アンテナ重み $w (i, m)$ から、乗算器18-1で求めたベクトル $c (i, m) [c^H (i, m) w (i, m+1)] / N$ を減算する。

【0090】

加算器20-1は、減算器19-1の出力に、除算器17-1からの $c (i,$

m) $\sum N$ を加算して方向拘束されたアンテナ重み $w'(i, m+1)$ を求める。

【0091】

以上説明したように、本実施形態の適応アンテナ受信装置によれば、アンテナ重み適応更新部 11-1 が各アンテナ素子の逆拡散信号を用いてアンテナ重みを適応制御し、アンテナ方向拘束部 12-1 が希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みに対して方向拘束処理を施し、ビームフォーマー 2-1 が適応制御および方向拘束処理されたアンテナ重みを用いて各アンテナ素子の逆拡散信号を重み付け合成し、伝送路推定部 3-1 がビームフォーマー 2-1 出力から求めた伝送路推定値の複素共役を複素共役操作部 4-1 が求めてビームフォーマー 2-1 の出力に乗算することにより伝送路補正を行った各パスの受信信号を加算器 6 がマルチパス合成することにより復調信号を求めるという、伝送路補正がアンテナ重み制御から分離された構成である。

【0092】

そのため、アンテナ重みは伝送路補正の成分を含まず、信号到来方向に依存する位相補正、すなわち方向ベクトルによる位相補正により適応制御されているので、アンテナ重み方向拘束部 12-1 による方向拘束処理が可能となっている。

【0093】

その結果、本実施形態では、方向拘束処理により図 6 (b) に示すように希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つことができ、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定に保たれるので正確な誤差信号の抽出が可能となり、指向性ビームの追従性が向上し、同期はずれも防止できる。

【0094】

本発明の他の実施形態について図面を参照して説明する。

【0095】

図 7 は、本発明の他の実施形態の適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。図 7 を参照すると、適応アンテナ受信部 1-1 は図 1 のものと同様の構成であるが、方向ベクトル生成部 16-1 の代わりに方向ベクトル生成部 30-1 を有する点で異なる。

【0096】

方向ベクトル生成部 30-1 は、アンテナ毎信号同相平均部 31-1、隣接アンテナ相関検出部 32-1、アンテナ相関平均部 33-1、逆正接計算部 34-1、および方向ベクトル計算部 35-1 を有している。

【0097】

アンテナ毎信号同相平均部 31-1 は、アンテナ素子毎に、逆拡散信号の複数のシンボルを位相を合わせてベクトル加算することにより受信信号の SINR を改善する。その際、既知のパイロット信号を用いれば、既知シンボル（既知参照信号）で変調を除去することにより同相加算が可能となる。また、同相平均シンボル数が多いほど SINR の改善効果が多いが、フェージングなどによる位相変動がある場合には平均シンボル数は限られる。

【0098】

隣接アンテナ相関検出部 32-1 は、隣接するアンテナ素子の受信信号同士の相関を検出する。具体的には、アンテナ番号 $n-1$ のアンテナ素子の受信信号の複素共役信号を、アンテナ番号 n のアンテナ素子の受信信号に乗算することにより相関が求まる。したがって、隣接アンテナ相関検出部 32-1 の出力 ($R(i, n, 1)$) は式 (6) で表される。

【0099】

【数6】

$$R(i, n, l) = Z_{EL}(i, n, l) Z_{EL}^*(i, n-1, l) \quad (6)$$

【0100】

ここで、 i はパス番号、 n はアンテナ番号、 l はアンテナ毎信号同相平均部 32-1 からの出力番号である。 $Z_{EL}(i, n, 1)$ は、パス番号 i 、アンテナ番号 n 、アンテナ毎信号同相平均部 32-1 からの出力番号 1 の受信信号の値である。 $*$ はその共役複素数を示す。

【0101】

アンテナ相関平均部 33-1 は、隣接アンテナ相関検出部 33-1 の出力 ($R(i, n, 1)$) を式 (7) に従って平均する。

【0102】

【数 7】

$$R_{AV}(i, l) = \frac{1}{N-1} \sum_{n=2}^N R(i, n, l) \quad (7)$$

【0103】

さらに必要であれば式(7)の出力($R_{AV}(i, l)$)を時間平均してもよい。例えば、忘却係数 λ による加重平均を行うと、 $R_{AV}(i, l)$ は式(8)で表される。

【0104】

【数 8】

$$R_{AV}(i, l) = (1-\lambda)R_{AV}(i, l) + \lambda R_{AV}(i, l-1) \quad (8)$$

【0105】

逆正接計算部34-1は、式(9)に従って $R_{AV}(i, l)$ の位相 $\theta(i, l)$ を計算する。

【0106】

【数 9】

$$\theta(i, l) = \tan^{-1} \frac{\text{Im}[R_{AV}(i, l)]}{\text{Re}[R_{AV}(i, l)]} \quad (9)$$

【0107】

方向ベクトル計算部35-1は、式(10)に従って方向ベクトル $c_n(i, l)$ を計算する。

【0108】

【数 10】

$$c_n(i, l) = \exp[j(n-1)\theta(i, l)] \quad (10)$$

【0109】

ここで、 n はアンテナ番号である。

【0110】

なお、逆正接計算34-1および方向ベクトル計算部35-1は、入力に対する出力の対応を予めテーブルの記録しておき、計算の代わりにテーブルを参照することとすれば演算量を削減できる。

【0111】

以上説明したように、本実施形態によれば、アンテナ毎信号同相平均部31-1が各逆拡散信号のSINRを改善し、隣接アンテナ相関検出部32-1が隣接アンテナ素子間の各相関を求め、アンテナ相関平均部33-1がそれらの相関の平均を求め、逆正接計算部34-1が相関の平均の位相を求め、方向ベクトル計算部35-1がその位相から方向ベクトルを求めるので、隣接アンテナ素子間の相関に基づいて簡易な処理および構成で希望信号の方向ベクトルを求めることができる。

【0112】**【発明の効果】**

本発明によれば、伝送路推定手段が伝送路補正を行い、アンテナ重み適応更新手段が各アンテナ素子の受信信号を用いてアンテナ重みを適応制御し、アンテナ方向拘束手段がアンテナ重みを修正するという伝送路補正がアンテナ重み制御から分離された構成なので、アンテナ重みは、伝送路補正の成分を含まず、信号到来方向のみに依存する位相補正により適応制御され、アンテナ重み方向拘束手段が、希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みを修正することができ、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定に保たれ、指向性ビームの追従性が向上し、同期はずれも防止できる。

【0113】

また、アンテナ方向拘束手段が方向ベクトルにより希望信号の到来方向のビーム利得を一定に保つようにアンテナ重みを修正するので、ビーム出力の希望信号成分の利得が一定に保たれる。

【0114】

また、隣接アンテナ相関検出手段が求めた隣接アンテナ素子間の各相関をアンテナ相関平均手段が平均化し、逆正接計算手段および方向ベクトル計算手段がそ

の平均値から方向ベクトルを求めるので、隣接アンテナ素子間の相関に基づいて簡易な処理および構成で希望信号の方向ベクトルを求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態による適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】

図 1 に示したビームフォーマーの構成を示すブロック図である。

【図 3】

アレーアンテナと希望信号の到来方向の関係を示す図である。

【図 4】

アンテナ重み方向拘束部による方向拘束処理を説明するための図である。

【図 5】

アンテナ重み方向拘束部の構成を示すブロック図である。

【図 6】

適応アレーアンテナによる指向性ビームと希望信号の到来方向の関係を示す図である。

【図 7】

本発明の他の実施形態の適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 8】

従来の適応アンテナ受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 9】

従来のビームフォーマーの構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

1-1 ~ 1-L	パス受信部
2-1 ~ 2-L	ビームフォーマー
3-1 ~ 3-L	伝送路推定部
4-1 ~ 4-L	複素共役操作部

5-1~5-L, 10-1~10-L, 14-1-1~14-L-N, 18-
1~18-L 乗算器

6, 15-1~15-L 合成器

7 判定器

8 スイッチ

9, 19-1~19-L 減算器

11-1~11-L アンテナ重み適応更新部

12-1~12-L アンテナ重み方向拘束部

13-1-1~13-L-N 複素共役操作部

16-1~16-L 方向ベクトル生成部

17-1~17-L 除算器

20-1~20-L 加算器

30-1~30-L ベクトル生成部

31-1~31-L アンテナ毎信号同相平均部

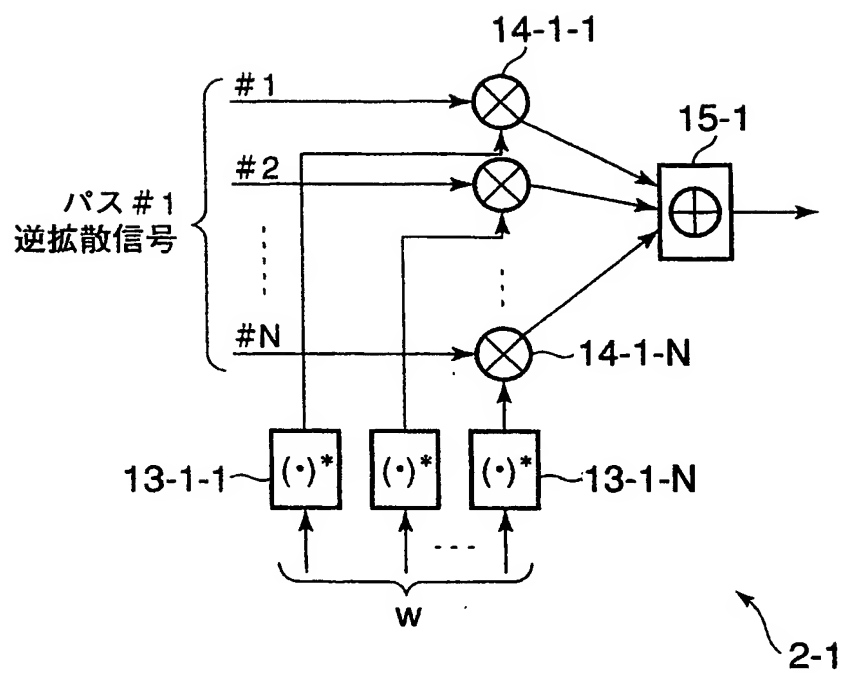
32-1~32-L 隣接アンテナ相関検出部

33-1~33-L アンテナ相関平均部

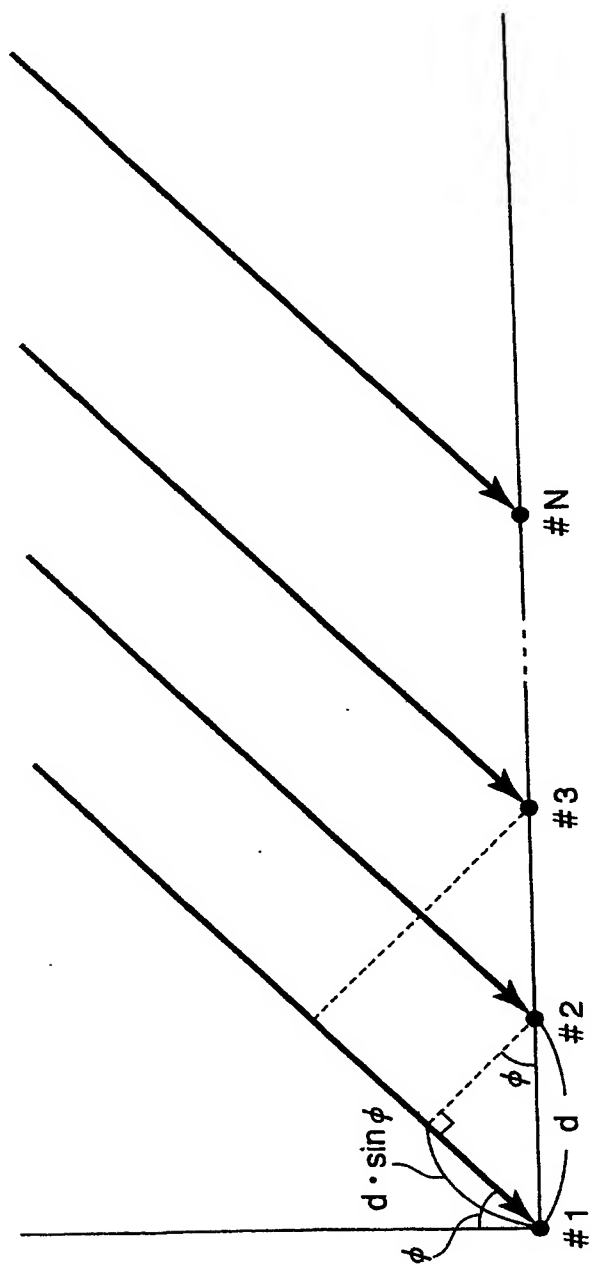
34-1~34-L 逆正接計算部

35-1~35-L 方向ベクトル計算部

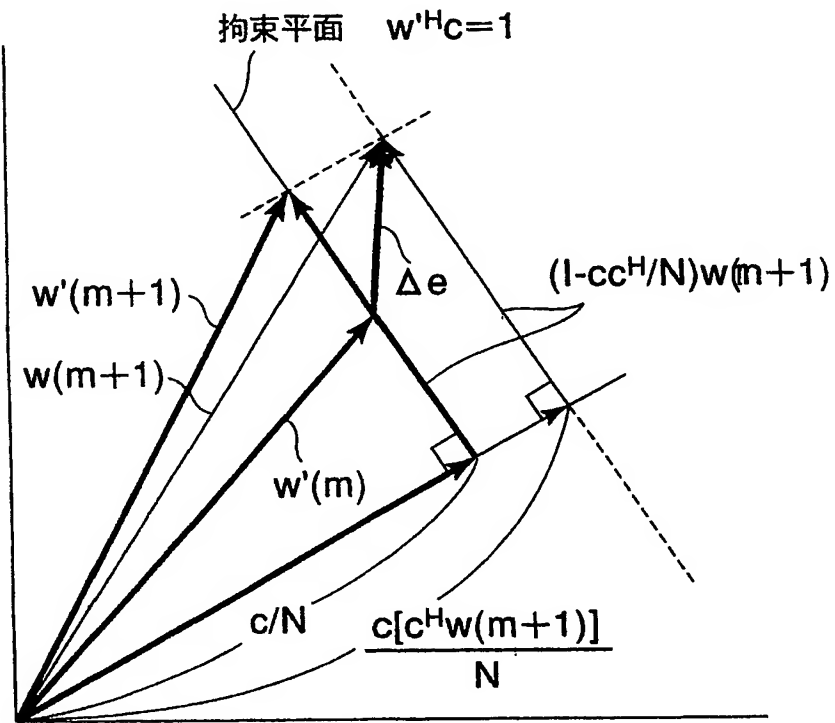
【図 2】



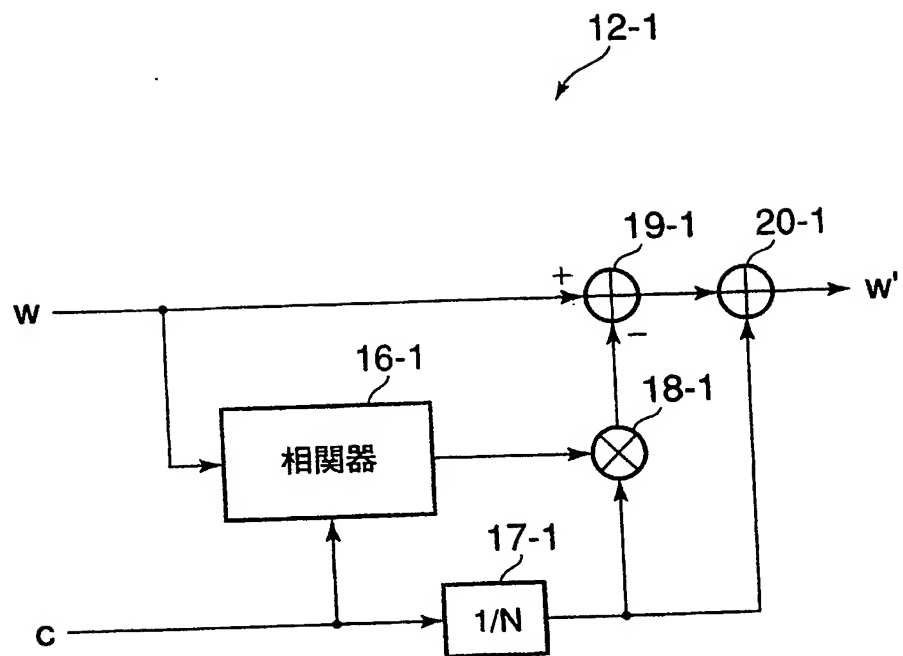
【図 3】



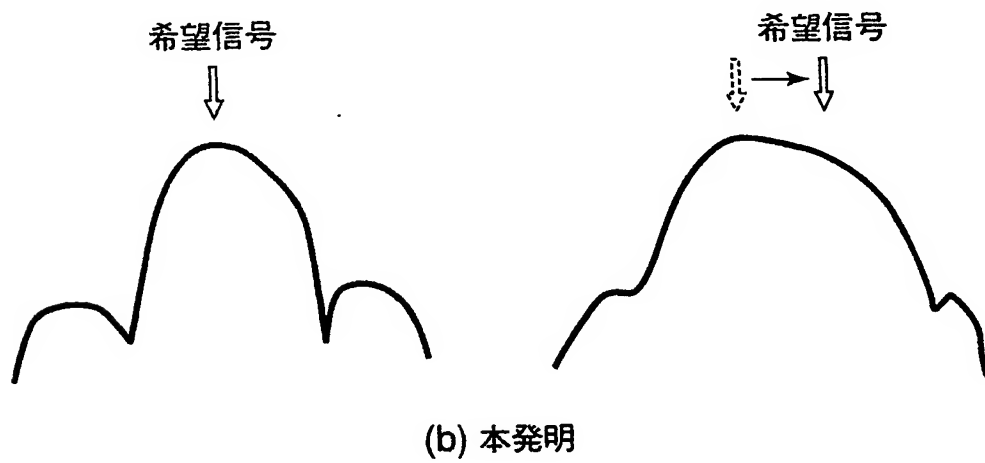
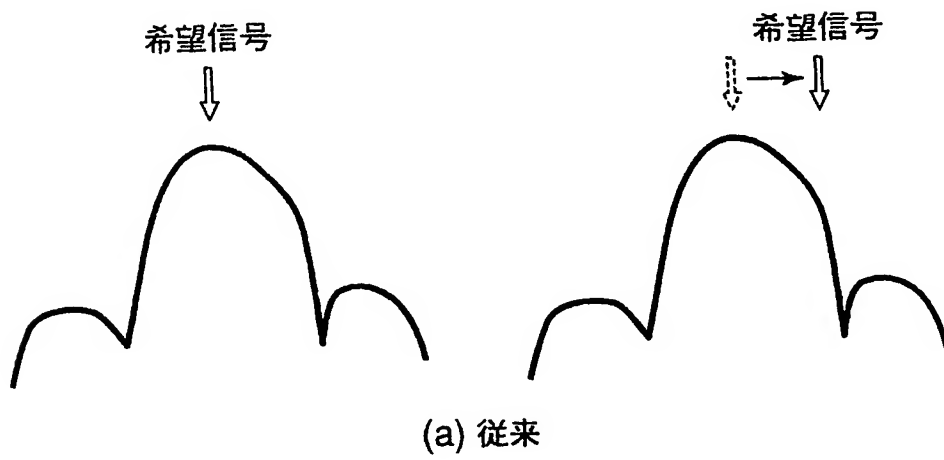
【図 4】



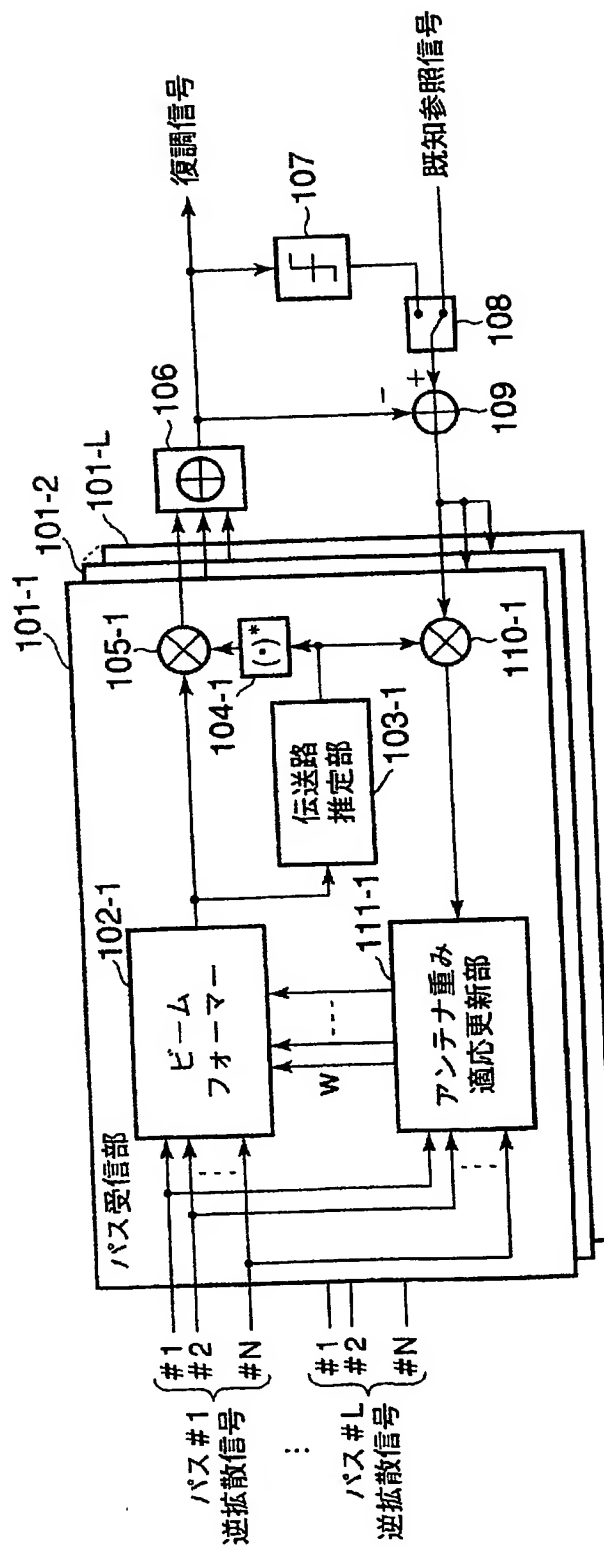
【図 5】



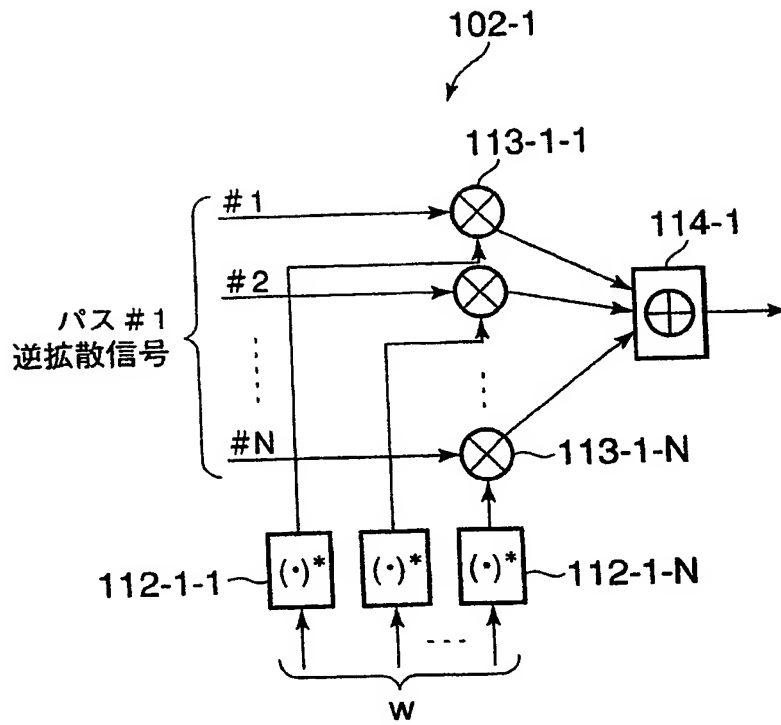
【図 6】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 希望信号の到来方向の角度変化に対する追従性を向上した適応アンテナ受信装置を提供する。

【解決手段】 アンテナ重み適応更新手段 11-1 は、各アンテナ素子で受信した信号と伝送路推定に基づいて補正された希望信号とを用いて求められた誤差信号とからアンテナ重みを適応的に更新する。アンテナ重み方向拘束手段 12-1 は、希望信号の到来方向にビーム利得が一定となるように、アンテナ重み適応更新手段 11-1 で求めたアンテナ重みに拘束処理を施す。ビームフォーマー 2-1 は、アンテナ重み方向拘束手段 12-1 において拘束処理が施されたアンテナ重みを用いてアレーアンテナで希望信号を受信する。伝送路推定手段 3-1 は、ビームフォーマー 2-1 で受信された希望信号の伝送路推定を行い、推定結果を用いて希望信号を補正する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 8 2 7 0 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社